



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

NOMBRES:

PADILLA MATIAS CRISTIAN MICHEL

SAUCILLO GONZÁLEZ JESSE OBED

GRUPO:

4BM1

TRABAJO:

Practica 4

"Lenguaje de Predicados"

MATERIA:

Fundamentos de Inteligencia Artificial

FECHA

25 de octubre del 2023

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



ESCOM

PRACTICA 2. Lenguaje de Predicados

RESUMEN

En la práctica 5, se empleará el enfoque de programación lógica utilizando PROLOG para crear un sistema de predicados. Inicialmente, se desarrollará un código que presentará un menú interactivo para calcular el Índice de Masa Corporal (IMC) y ofrecer recomendaciones de dieta saludable. Para llevar a cabo estos cálculos, se utilizarán fórmulas específicas y valores de referencia.

Es esencial establecer una base de conocimientos para cada uno de los códigos, definiendo atributos, relaciones y reglas necesarias para su correcto funcionamiento.

INTRODUCCIÓN

La búsqueda no informada, a veces llamada búsqueda ciega o búsqueda a ciegas, es un enfoque de búsqueda en la inteligencia artificial donde el algoritmo no tiene información previa sobre la ubicación o la estructura del objetivo que está tratando de encontrar. La lógica proposicional proporciona los principios fundamentales para las expresiones booleanas en la programación, basándose en la lógica de predicados y reglas de inferencia. En el contexto de la programación lógica, se pueden formalizar hechos del mundo real. PROLOG se basa en la lógica de primer orden, una extensión de la lógica de predicados.

PROLOG, siendo el lenguaje principal en programación lógica, se sustenta en dos conceptos poderosos: resolución y unificación. La resolución implica hacer inferencias simples a partir de cláusulas, similar a la transitividad en álgebra, permitiendo llegar a conclusiones.

Por otro lado, la unificación es un proceso que encuentra coincidencias en patrones y determina cómo se pueden utilizar las variables durante la creación de resoluciones simultáneas. Este proceso es recurrente, encontrando todas las instanciaciones posibles para las cuales pueden hacerse resoluciones.

Los programas lógicos aprovechan el no determinismo y la búsqueda de retroceso en sus aplicaciones. Un programa no determinista puede tener múltiples soluciones para un problema en lugar de una única solución. El mecanismo de búsqueda de retroceso, que permite este no determinismo, está integrado internamente en el intérprete de PROLOG y está disponible para todos los programas escritos en PROLOG.

DESARROLLO

El código de la práctica se realizó en lenguaje Prolog.

Para este ejercicio, primero se crea un ciclo principal con la regla llamada main, con cual será posible mostrar el menú, y leer la opción que el usuario indique dentro del menú, cada una con su respectiva regla que serán 1.-Calcular índice de masa corporal (dolmc) y 2.-Recomendar una dieta saludable (doDieta), además de la opción 3.- que es para salir del programa. Igualmente, cuando se termine de ejecutar la opción 1 o 2, mostrará de nuevo el menú, no lo mostrará más cuando el usuario seleccione la opción 3.

```
main:-repeat,  
    pinta_menu,  
    read(Opcion),  
    ( (Opcion=1,doImc,fail);  
      (Opcion=2,doDieta,fail);  
      (Opcion=3,!)) .
```

Posteriormente, en la regla llamada pinta_menu, únicamente se mostrará en pantalla el menú, así el usuario podrá observar las indicaciones y las opciones a seleccionar.

```
pinta_menu:-nl,nl,  
    writeln('====='),  
    writeln('          DRA. MIKU HATSUNE'),  
    writeln('          Medica Virtual'),  
    writeln('    <<  Experta en Nutricion  >>'),  
    writeln('====='),  
    nl,writeln('          MENU PRINCIPAL'),  
    nl,write('1 Calcular indice de masa corporal'),  
    nl,write('2 Recomendar una dieta saludable'),  
    nl,write('3 Salir'),  
    nl,write('====='),  
    nl,write('Indique una opcion valida:').
```

En el caso de que el usuario seleccione la opción 1, se ejecutará la regla llamada dolmc, dicha regla requiere datos del usuario, por lo que se usará la sentencia read para leer los valores ingresados, que son peso, estatura y sexo. A la variable IND

se le asignará el resultado de dividir peso entre la estatura al cuadrado, para obtener el índice de masa corporal.

También, se mostrará un diagnóstico, el cual mostrará un mensaje de acuerdo con el IMC de la persona, que al mismo tiempo depende de su sexo. Para esto se utilizó la siguiente tabla.

IMC MUJERES	IMC HOMBRES	DIAGNÓSTICO
IMC < 16	IMC < 17	DESNUTRICIÓN
16 <= IMC < 20	17 <= IMC < 20	BAJO PESO
20 <= IMC < 24	20 <= IMC < 25	NORMAL
24 <= IMC < 29	25 <= IMC < 30	LIGERO SOBREPESO
29 <= IMC < 37	30 <= IMC < 40	OBESIDAD SEVERA
IMC => 37	IMC => 40	OBESIDAD MÓRBIDA

```
doImc:-nl, write('====='),nl,
write('Elegiste: Calculo del Indice de Masa Corporal\n'),nl,
write('Indique su peso en Kilogramos:'),read(Peso),
write('Indique su estatura en Metros:'),read(Estatura),Estatura > 0,
write('Indique su genero (1/Male, 2/Female):'),read(Sexo),
IND is Peso/(Estatura*Estatura),
nl,format('Su indice de masa corporal es: ~g',IND),
nl, write('DIAGNOSTICO: '),
(
(Sexo=1,IND<17,write('USTED PADECE DESNUTRICION!'));
(Sexo=1,IND>=17,IND<20,write('USTED TIENE BAJO PESO!\n'));
(Sexo=1,IND>=20,IND<25,write('USTED TIENE PESO NORMAL!\n'));
(Sexo=1,IND>=25,IND<30,write('USTED TIENE LIGERO SOBREPESO!\n'));
(Sexo=1,IND>=30,IND<40,write('USTED TIENE OBESIDAD SEVERA!\n'));
(Sexo=1,IND>=40,write('USTED TIENE OBESIDAD MÃRVIDA!\n'));
(Sexo=2,IND<16,write('USTED PADECE DESNUTRICION!'));
(Sexo=2,IND>=16,IND<20,write('USTED TIENE BAJO PESO!\n'));
(Sexo=2,IND>=20,IND<24,write('USTED TIENE PESO NORMAL!\n'));
(Sexo=2,IND>=24,IND<29,write('USTED TIENE LIGERO SOBREPESO!\n'));
(Sexo=2,IND>=29,IND<37,write('USTED TIENE OBESIDAD SEVERA!\n'));
(Sexo=2,IND>=37,write('USTED TIENE OBESIDAD MORVIDA!\n'))).
```

En el caso de que el usuario seleccione la opción 2, se ejecutará la regla llamada doDieta

```
doDieta :-
write('====='), nl,
write('Elegiste: Recomendar una dieta saludable\n'), nl,
write('Indique su genero (1/Male, 2/Female):'), read(Sexo),
write('Indique su peso en Kilogramos:'), read(Peso),
write('Indique su edad: '), read(Edad),

calcular_GAST(Peso, Edad, Sexo, GAST).
```

```
%Frutas
fruta(papaya, 45).
fruta(melon, 31).
fruta(fresas, 36).
fruta(framuesa, 40).
fruta(kiwi, 51).
fruta(mandarina, 40).
fruta(mango, 57).
fruta(mora, 37).
fruta(pinia, 51).
fruta(platano, 90).
fruta(uva, 81).
fruta(pera, 61).
fruta(manzana, 52).
fruta(granada, 65).
fruta(durazno, 52).
fruta(coco, 646).

%Cereales
cereal(pan_centeno, 241).
cereal(pan_blanco, 255).
cereal(arroz_blanco, 354).
cereal(avena, 367).
cereal(cebada, 373).
cereal(harina_maiz, 349).
cereal(pan_trigo_integral, 239).
cereal(yuca, 338).
cereal(polenta, 358).
cereal(semola_trigo, 368).
cereal(copos_maiz, 350).

%jugos
jugo(zumo_naranja, 42).
jugo(zumo_arandano, 46).

%jugo(zumo_asai, 58).
jugo(zumo_ciruela, 71).
jugo(zumo_limon, 21).
jugo(zumo_mandarina, 43).
jugo(zumo_maracuya, 48).
jugo(zumo_pepino, 10).
jugo(zumo_pera, 60).
jugo(zumo_zanahoria, 40).
jugo(zumo_tomate, 17).
jugo(zumo_uva, 60).

%Huevo
huevo(huevo_duro, 147).
huevo(clara, 48).
huevo(huevo_entero, 162).
huevo(yema, 368).

%Carne
carne(chuleta_cerdo, 330).
carne(chicharron, 601).
carne(bacon, 665).
carne(cabrito, 127).
carne(conejo, 162).
carne(jabali, 107).
carne(jamon, 380).
carne(pato, 200).
carne(salchicha, 315).
carne(ternera_bistec, 181).
carne(corodniz, 114).
carne(chorizo, 468).

%Postre
postre(flan_vainilla, 102).
postre(flan_huevo, 126).
postre(helado_leche, 167).
postre(helado_agua, 139).
postre(pastel_queso, 414).

%Lacteo
lacteo(leche_entera, 68).
lacteo(leche_semidescremada, 49).
lacteo(leche_cabra, 72).
lacteo(leche_oveja, 96).
lacteo(leche_polvo_entera, 500).
lacteo(mousse, 177).
lacteo(queso_blanco, 70).
lacteo(queso_brie, 263).
lacteo(queso_crema, 245).
lacteo(queso_machego, 376).
lacteo(queso_mozzarella, 245).
lacteo(yogurth_natural, 62).
lacteo(yogurth_desnatado, 45).

%Colacion
colacion(donut, 456).
colacion(pastel_manzana, 311).
colacion(barra_chocolate, 441).
colacion(yogurth_fruta, 100).
colacion(gomas_fruta, 172).
colacion(crema_avellanas, 549).
```

Una vez creada la base de conocimientos, será necesaria escoger la opción 2 del menú principal descrita anteriormente, después de seleccionar esta opción, se preguntará al usuario su sexo, peso y edad, necesarios para calcular el consumo de calorías diarias.

```

calcular_GAST(Peso, Edad, Sexo, GAST) :-
    Sexo = 1,
    Edad >= 25, Edad <= 45,
    GAST is (Peso * 24).

calcular_GAST(Peso, Edad, Sexo, GAST) :-
    Sexo = 1,
    Edad > 45,
    Intervalo is (Edad - 45) // 10,
    GAST is (Peso * 24) - (Intervalo * 100).

calcular_GAST(Peso, Edad, Sexo, GAST) :-
    Sexo = 2,
    Edad < 25,
    GAST is (Peso * 21.6) + 300.

calcular_GAST(Peso, Edad, Sexo, GAST) :-
    Sexo = 2,
    Edad >= 25, Edad <= 45,
    GAST is (Peso * 21.6).

calcular_GAST(Peso, Edad, Sexo, GAST) :-
    Sexo = 2,
    Edad > 45,
    Intervalo is (Edad - 45) // 10,
    GAST is (Peso * 21.6) - (Intervalo * 100).

```

Después de obtener los datos del paciente, el programa utilizará la función `calcular_GAST (Peso, Edad, Sexo, GAST)`. Donde evaluará las condiciones de peso, edad y sexo, utilizando la función donde los parámetros cumplan con los rangos de valores necesarios para calcular el gasto de calorías, utilizando las condiciones que:

Sexo:

- Si es hombre, el peso se calculará multiplicando el peso en Kg por 24.
- Si es mujer, el peso se calculará multiplicando el peso en Kg por 21.6.

Edad:

- Si tiene menos de 25 años, se añadirán 300 calorías al gasto de calorías.
- Si tiene entre 25 y 45 años, no se añade ni se quita.
- Si tiene más de 45 años, se restan 100 calorías por cada 10 años de más.

Después de evaluar los parámetros, la función devolverá el valor de gasto de calorías del paciente.

Finalmente, después de haber calculado el gasto de calorías del paciente, se evaluarán todas las posibles dietas que pueden ser recomendadas al paciente.

```
desayuno(D1, D2, D3, D4, KCal):-fruta(D1,K1), cereal(D2, K2), jugo(D3, K3), huevo(D4, K4), KCal is K1+K2+K3+K4.  
  
%Regla para armar la comida  
comida(C1, C2, C3, KCal):-carnico(C1,K1), pasta(C2, K2), postre(C3, K3), KCal is K1+K2+K3.  
  
%Regla para armar la merienda  
merienda(M1, M2, KCal):-lacteo(M1, K1), colacion(M2, K2), KCal is K1+K2.
```

Utilizando 3 funciones, se evaluarán todos los posibles desayunos, comidas y cenas que puedan ser recomendadas, cada una teniendo un diferente alimento:

- Desayuno: Compuesto de una fruta, un tipo de cereal, un vaso de jugo y una preparación de huevo.
- Comida: Una ración de carne, una ración de pasta y un postre.
- Cena/merienda: un alimento o bebida láctea y una colación o postre ligero.

Cada función evaluará los alimentos disponibles en la base de conocimiento creada anteriormente, y tomará el valor calórico de cada uno para sumarlos y obtener la cantidad total de calorías que se consumirían en esos alimentos.

```
dieta(GAST):-desayuno(D1,D2,D3,D4,K1),  
              comida(C1,C2,C3,K2),  
              merienda(M1,M2,K3),  
              KCal is K1+K2+K3,  
              Inferior is GAST-(GAST*0.1),  
              Superior is GAST+(GAST*0.1),  
              KCal >= Inferior, KCal <= Superior,  
              format("\nDesayuno: ~s, ~s, ~s y ~s", [D1,D2,D3,D4]),  
              format("\nComida : ~s, ~s y ~s", [C1,C2,C3]),  
              format("\nMerienda: ~s y ~s", [M1,M2]),  
              format("\nTotal de KCalori:~s: ~d",KCal).
```

Finalmente, se utilizará la función dieta (Gasto) para evaluar las posibles combinaciones para satisfacer las necesidades calóricas del paciente; esta función es utilizada después de calcular el gasto de calorías, con lo que podrá recomendar una dieta saludable en función a los datos del paciente, para ello evalúa los posibles desayunos, comidas y cenas diarias, suma el total de calorías consumidas con las

3 comidas y las evalúa en función del gasto diario de calorías, con un margen aceptable de $\pm 10\%$ del consumo de calorías, logrando recomendar diferentes comidas diarias que satisfacen el consumo necesario de calorías diarias del paciente.

DEMOSTRACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Ejecutando el programa:

Opción 1:

```
?- main.

=====
      DRA. MIKU HATSUNE
      Medica Virtual
    <<  Experta en Nutricion  >>
=====

      MENU PRINCIPAL

1 Calcular indice de masa corporal
2 Recomendar una dieta saludable
3 Salir
=====
Indique una opcion valida:1.

=====
Elegiste: Calculo del Indice de Masa Corporal

Indique su peso en Kilogramos:|: 54.
Indique su estatura en Metros:|: 1.58.
Indique su genero (1/Male, 2/Female):|: 2.

Su indice de masa corporal es: 21.6311
DIAGNOSTICO: USTED TIENE PESO NORMAL!

=====
      DRA. MIKU HATSUNE
      Medica Virtual
    <<  Experta en Nutricion  >>
=====

      MENU PRINCIPAL

1 Calcular indice de masa corporal
2 Recomendar una dieta saludable
3 Salir
=====
Indique una opcion valida:|: 1.

=====
Elegiste: Calculo del Indice de Masa Corporal

Indique su peso en Kilogramos:|: 35.
Indique su estatura en Metros:|: 1.60.
Indique su genero (1/Male, 2/Female):|: 1.

Su indice de masa corporal es: 13.6719
DIAGNOSTICO: USTED PADECE DESNUTRICION!

=====
      DRA. MIKU HATSUNE
      Medica Virtual
    <<  Experta en Nutricion  >>
=====

      MENU PRINCIPAL

1 Calcular indice de masa corporal
2 Recomendar una dieta saludable
3 Salir
=====
Indique una opcion valida:|: 1.

=====
Elegiste: Calculo del Indice de Masa Corporal

Indique su peso en Kilogramos:|: 93.
Indique su estatura en Metros:|: 1.80.
Indique su genero (1/Male, 2/Female):|: 1.

Su indice de masa corporal es: 28.7037
DIAGNOSTICO: USTED TIENE LIGERO SOBREPESO!

=====
      DRA. MIKU HATSUNE
      Medica Virtual
    <<  Experta en Nutricion  >>
=====

      MENU PRINCIPAL

1 Calcular indice de masa corporal
2 Recomendar una dieta saludable
3 Salir
=====
Indique una opcion valida:|: 1.

=====
Elegiste: Calculo del Indice de Masa Corporal

Indique su peso en Kilogramos:|: 90.
Indique su estatura en Metros:|: 1.60.
Indique su genero (1/Male, 2/Female):|: 1.

Su indice de masa corporal es: 35.1562
DIAGNOSTICO: USTED TIENE OBESIDAD SEVERA!
```

En estos cuatro ejemplos, se muestran casos en los que una mujer tiene un peso normal ya que ($20 \leq \text{IMC} < 24$), un hombre tiene ligero sobrepeso ($25 \leq \text{IMC} < 30$), otro hombre padece desnutrición ($\text{IMC} < 17$) y un último hombre tiene obesidad severa ($30 \leq \text{IMC} < 40$).

Opción 2

```
1 ?- main.

=====
      DRA. MIKU HATSUNE
      Medica Virtual
      << Experta en Nutricion >>
=====

      MENU PRINCIPAL

1 Calcular indice de masa corporal
2 Recomendar una dieta saludable
3 Salir
=====
Indique una opcion valida:2.
=====
Elegiste: Recomendar una dieta saludable

Indique su genero (1/Male, 2/Female):|: 2.
Indique su peso en Kilogramos:|: 45.
Indique su edad: |: 20.

Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : cabrito, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_entera y yogurth_fruta
Total de KCalori%as: 1240
Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : cabrito, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_entera y gomas_fruta
Total de KCalori%as: 1312
Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : cabrito, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_semidescremada y yogurth_fruta
Total de KCalori%as: 1221
Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : cabrito, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_semidescremada y gomas_fruta
Total de KCalori%as: 1293
```

```
1 ?- main.

=====
      DRA. MIKU HATSUNE
      Medica Virtual
      << Experta en Nutricion >>
=====

      MENU PRINCIPAL

1 Calcular indice de masa corporal
2 Recomendar una dieta saludable
3 Salir
=====
Indique una opcion valida:2.
=====
Elegiste: Recomendar una dieta saludable

Indique su genero (1/Male, 2/Female):|: 1.
Indique su peso en Kilogramos:|: 78.
Indique su edad: |: 48.

Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : chuleta_cerdo, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_entera y donut
Total de KCalori%as: 1799
Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : chuleta_cerdo, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_entera y barra_chocolate
Total de KCalori%as: 1784
Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : chuleta_cerdo, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_entera y crema_avellanas
Total de KCalori%as: 1892
Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : chuleta_cerdo, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_semidescremada y donut
Total de KCalori%as: 1700
```

```
1 ?- main.

=====
      DRA. MIKU HATSUNE
      Medica Virtual
      << Experta en Nutricion >>
=====

      MENU PRINCIPAL

1 Calcular indice de masa corporal
2 Recomendar una dieta saludable
3 Salir
=====
Indique una opcion valida:2.
=====
Elegiste: Recomendar una dieta saludable

Indique su genero (1/Male, 2/Female):|: 2.
Indique su peso en Kilogramos:|: 57.
Indique su edad: |: 52.

Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : cabrito, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_entera y yogurth_fruta
Total de KCalori%as: 1240
Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : cabrito, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_entera y gomas_fruta
Total de KCalori%as: 1312
Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : cabrito, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_semidescremada y yogurth_fruta
Total de KCalori%as: 1221
Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : cabrito, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_semidescremada y gomas_fruta
Total de KCalori%as: 1293
```

```
1 ?- main.

=====
      DRA. MIKU HATSUNE
      Medica Virtual
      << Experta en Nutricion >>
=====

      MENU PRINCIPAL

1 Calcular indice de masa corporal
2 Recomendar una dieta saludable
3 Salir
=====
Indique una opcion valida:2.
=====
Elegiste: Recomendar una dieta saludable

Indique su genero (1/Male, 2/Female):|: 1.
Indique su peso en Kilogramos:|: 70.
Indique su edad: |: 36.

Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : chuleta_cerdo, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_entera y donut
Total de KCalori%as: 1799
Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : chuleta_cerdo, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_entera y pastel_manzana
Total de KCalori%as: 1654
Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : chuleta_cerdo, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_entera y barra_chocolate
Total de KCalori%as: 1784
Desayuno: papaya, pan_centeno, zumo_naranja y huevo_duro
Comida : chuleta_cerdo, pasta_huevo y flan_vainilla
Merienda: leche_entera y gomas_fruta
Total de KCalori%as: 1515
```

Como se puede observar en estos 4 ejemplos, después de calcular el gasto de calorías, el programa evalúa cada comida posible que pueda satisfacer el consumo de calorías necesarias diarias para el paciente, como se había mencionado, con un margen de cambio de $\pm 10\%$ del valor de gasto de calorías, con lo que es posible crear miles de combinaciones con los alimentos de la base de conocimientos mencionada anteriormente, satisfaciendo las necesidades del paciente de una manera eficiente.

CONCLUSIONES

PROLOG se emplea principalmente en campos como demostración de teoremas, sistemas expertos, reescritura de términos, sistemas de tipo y planificación automatizada. Sin embargo, en esta práctica, su aplicación principal se centró en el procesamiento del lenguaje natural.

Para llevar a cabo esta práctica, utilizamos conocimientos previamente adquiridos en el curso de Paradigmas de Programación. La implementación del árbol genealógico no presentó dificultades significativas, ya que previamente habíamos trabajado en una práctica similar en Paradigmas. Solo fue necesario realizar ajustes para incorporar nuevas reglas y atributos a las relaciones.

Es importante mencionar que durante esta práctica, también exploramos conceptos de funciones y ciclos, los cuales fueron aplicados en el segundo código desarrollado. La utilidad clave de este paradigma de programación radica en la capacidad para crear un menú, como el del segundo código, que permite a los usuarios seleccionar opciones, desencadenando así la ejecución de reglas y líneas de código específicas.

BIBLIOGRAFÍA

Lukegarrigan. (2021, 5 Junio). *What is Breadth-First Search (BFS) - Codeheir*. Codeheir.

<https://codeheir.com/2021/06/05/what-is-breadth-first-search-bfs/>

Alfonso López. (2020, 11 mayo). *Algoritmo primero el mejor (BFS) C++* [Vídeo].

YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=MQ8ZKqE4S2c>